

Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteisöllinen uudistaminen malliteoriaan pohjautuvalla kehittämistutkimuksella

Johannes Pernaa, Maija Aksela & Jenni Västinsalo

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto

Tässä artikkelissa raportoidaan ensimmäinen osa tutkimuksesta, jonka päätavoitteina on kehittää sekä Kemian mallit ja visualisointi -kurssia että kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä. Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Tutkimus sisälsi kaikkia kehittämistutkimuksen ydinosa-alueita, joita ovat ongelma-analyysi, kehittämisprosessi ja kehittämistuotos. Kehittäminen koostui malliteorian neljästä vaiheesta: 1) historiallisen kurssimallin analysointi itsenäisesti, 2) sisäisen mallin rakentaminen itsenäisesti, 3) sisäisen mallin julkistaminen pienryhmässä ja 4) yhteisymmärrysmallin rakentaminen yhteisöllisesti. Ensimmäisessä ongelma-analyysissä kurssiin liittyvät mahdollisuudet ja haasteet kartoitettiin tutkimalla edellisiä kurssikertoja. Ongelma-analyysin pohjalta tutkijat muodostivat kehittämisprosessista ja -tuotoksesta sisäiset mallit, jotka julkistettiin tutkijoiden kesken pienryhmässä. Julkisia malleja testattiin ja jatkojalostettiin kohti tutkijoiden välistä yhteisymmärrystä. Tutkimuksesta saatiin kolme päätulosta. Kurssin mahdollisuuksia ovat tutkimukseen pohjautuvat sisällöt ja käytäntöä tukevat työskentelytavat, kun taas haasteita ovat ohjaajien suuri työtaakka, opiskelijoiden ohjaaminen sekä tavoitteiden ja toiminnan välinen vuorovaikutus. Kehittämisen tuloksena kurssin mahdollisuuksia pyrittiin tukemaan ja haasteisiin vastaamaan tekemällä kurssiin sisällöllisiä, tavoitteellisia ja rakenteellisia muutoksia, joiden tavoitteena oli antaa opiskelijoille valmiuksia tukea kemian oppimista mallinnuksen avulla valtakunnallisten opetussuunnitelmien tavoitteiden mukaisesti. Kolmantena päätuloksena kehitettiin uusi opetuksen kehittämiseen soveltuva tutkimusmenetelmä, jossa kehittäminen tapahtuu yhteisöllisesti malliteoriaan pohjautuen.

1. Johdanto

Tutkimusperustainen opetus on yksi suomalaisen opettajankoulutuksen keskeisistä tavoitteista (Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006). Kemian opetuksen kehittämisessä tärkeää on tutkimusperustaisuus, jolloin kehittäminen kohdistuu sekä opettamiseen että oppimiseen (Aksela, 2010). Kemian opetus ja sen tutkimuksen tärkeys on huomioitu myös Helsingin yliopiston Kemian laitoksen tutkimusstrategiassa, sillä se oli vuosina 2007-2009 yksi laitoksen tutkimuspainopistealueista (Kemian laitos, 2006).

Kemian mallit ja visualisointi -kurssi on kemian aineenopettajaopiskelijoille suunnattu syventävä kurssi, jolla on kahdeksan vuoden mittainen historia. Kurssia on kehitetty vuosittain tasaisesti vuosien 2002-2006 aikana, mutta viimeisintään vuonna 2008 täytöntöönpantu tutkinnonuudistus toi mukanaan merkittäviä uusia haasteita: Esimerkiksi kurssin laajuus kasvoi kahdesta opintoviikosta (ov) viiteen opintopisteeseen (op), arviointi tuli muuttaa hyväksytty/hylätty -asteikosta numerolliseen ja kurssista tuli pakollinen kemiaa pääaineenaan opiskeleville opettajaopiskelijoille, mikä lisäsi kurssilaisten määrää huomattavasti aikaisempaan nähden.

Tässä artikkelissa raportoidaan kehittämistutkimus, jonka tavoitteena on kehittää sekä Helsingin yliopiston Mallit ja visualisointi -kurssia tukemaan kemian opetuksen tavoitteita

ja tarpeita että myös kehittämistutkimusta tutkimusmenetelmänä. Tutkimuksessa kehittäminen toteutetaan yhteisöllisesti malliteoriaan pohjautuen. Näin myös pyritään antamaan selkeä kuvaus kehittämisen etenemisestä. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys on nostettu kehittämistutkimuksen Edelson, (2002) ja mallikäsitteen (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000) teorioista.

Mallin ontologisen statuksen muutokseen pohjautuen, kehittäminen toteutettiin neljässä vaiheessa: 1) historiallinen malli, 2) sisäinen malli, 3) julkinen malli ja 4) yhteisymmärrysmalli. Kehittämisen prosessin visualisoinnissa on käytetty tutkimuksen luottavuuden nostamiseksi käsitekarttoja, joita käytetään muun muassa oppimisen, opetuksen, tiedon esittämisen tai tutkimuksen tukena relaatioiden ja kokonaisuuksien visualisoinnissa (ks. esim. Novak, 1998).

Artikkelissa raportoidaan Kemian mallit ja visualisointi -kurssin kehittämisen mahdollisuudet ja haasteet sekä kehittämistyön aikana tehdyt muutokset. Artikkelin lopussa luodaan myös lyhyt katsaus tulevaisuudessa suoritettavaan kehittämistutkimuksen toiseen osaan.

2. Kehittämistutkimuksen teoria

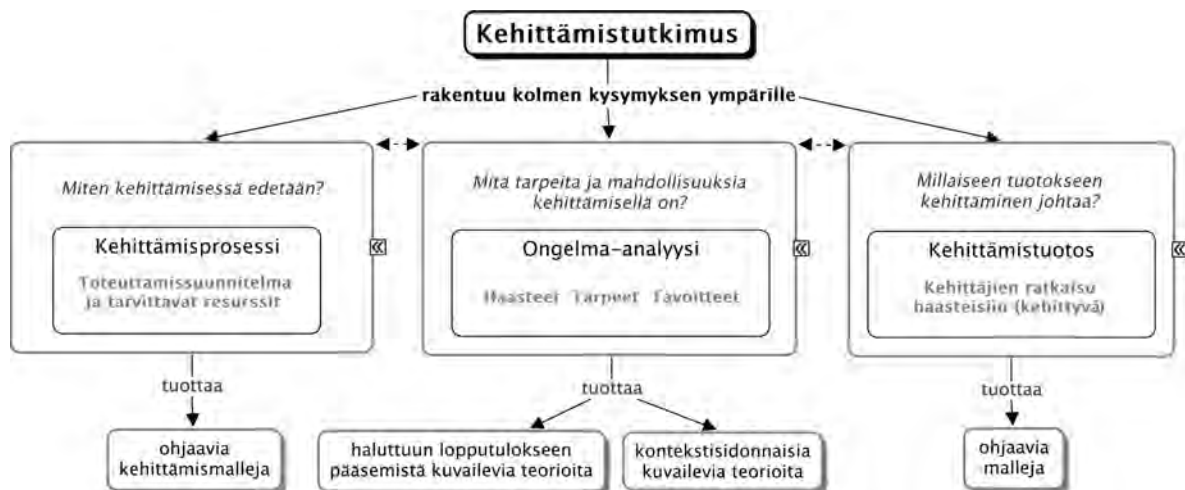
Kehittämistutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa yhdistyvät kehittäminen ja tutkiminen teoreettisia ja kokeellisia vaiheita sisältävässä syklisessä prosessissa (Edelson, 2002). Wangin ja Hannafin (2004) mukaan kehittämistutkimus voidaan määritellä metodologiaksi, jonka tavoitteena on kehittää opetusta todellisissa tilanteissa systemaattisesti, joustavasti ja iteratiivisesti jatkuvan arvioinnin ja kehittämisen kautta hyödyntäen erilaisten sidosryhmien asiantuntijuutta.

Kehittämistutkimus on nuori tutkimusmenetelmä. Opetuksen tutkimuksessa kehittämistutkimuksia on tehty vasta 90-luvun alkupuolelta lähtien (Brown, 1992; Collins, 1992). Tutkimusmenetelmä on syntynyt tarpeesta kehittää opetusta ja oppimisympäristöjä oppijan tarpeiden näkökulmasta. Tämä pitää sisällään muun muassa konstruktivistisia ja kontekstuaalisia vaikutteita. Myös tieto- ja viestintätekniikan (TVT) nopea kehittyminen ja mielekäs integrointi opetukseen loivat tarvetta uudentyyppiselle tutkimusmenetelmälle. (Brown, 1992) Viimeisimmän 20 vuoden aikana kehittämistutkimuksesta on julkaistu useita artikkeleita, joissa tarkastellaan kehittämistutkimuksen historiaa, metodologiaa ja erilaisia toteuttamismalleja (Barab & Squire, 2004; Bell, Hoadley & Linn, 2004; Brown, 1992; Cobb, 2001; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2003; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004; Dede, 2004; Design Research Collective, 2003; diSessa & Cobb, 2004; Edelson, 2002; Hoadley, 2004; Joseph, 2004; Juuti & Lavonen, 2006; Kelly, 2004; O'Donnell, 2004; Sandoval & Bell, 2004).

Kehittämistutkimuksen yksinkertainen ja eksplisiittinen kuvailu on vaikeaa. Sen toteuttamiseen ei voida määritellä yksityiskohtaisia malleja, mutta sen mahdollisuuksia voidaan kuitenkin Edelsonin (2002) mukaan arvioida nostamalla esille muutamia ydinosa-alueita. Kehittämistutkimuksessa voidaan tavoitella vastauksia kolmeen kysymykseen: i) miten kehittämisessä edetään, ii) mitä tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on ja iii) millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa? Näihin kolmeen kysymykseen vastaaminen

jakaa kehittämistutkimuksessa tehtävät kehittämispäätökset kolmeen kategoriaan: 1) kehittämisprosessi, 2) ongelma-analyysi ja 3) kehittämistuotos (ks. kuva 1). (Edelson, 2002)

1. Kehittämisprosessikategorian kehittämispäätöksissä suunnitellaan henkilöt ja prosessit, joita tarvitaan koko kehittämistutkimuksen suunnittelussa, valmisteluissa, toteuttamisessa, tutkimusprosessin kehittämisessä, tuotoksen testaamisessa, arvioinnissa ja jalostamisessa.
2. Ongelma-analyysikategoriassa selvitetään kehittämistutkimuksen haasteet, määritetään tavoitteet ja kartoitetaan tarpeet. Ongelma-analyysi voi olla teoreettinen tai empiirinen koostuen esimerkiksi tarveanalyysistä, testaamisesta tai arvioinnista.
3. Kehittämistuotuskategoria on kehittäjien ratkaisu ongelma-analyysissä esiin nousseisiin haasteisiin ja kehittämisprosessin mahdollisuuksiin. Kehittämistuotos kehittyy koko ajan tutkimusprosessin edetessä ja kehittäjien tietojen syventyessä. (Edelson, 2002)



Kuva 1. Kehittämistutkimuksen kolme ydinosa-aluea (Edelson, 2002).

Jokainen kehittämis-kategoria tuottaa erityyppistä tietoa:

1. Kehittämisprosessikategoria tarkastelee koko kehittämistutkimusta. Sen avulla saadaan esimerkiksi selville, mitä vaiheita kehittämistutkimus sisältää, miten yksilöt toimivat osana suurempaa kokonaisuutta tai millaisia asiantuntemuksen lajeja tietyssä kehittämis-kontekstissa tarvitaan. Kehittämisprosessikategoria tuottaa ohjeistavia teorioita.
2. Ongelma-analyysikategoria tuottaa sekä kontekstisidonnaisia teorioita että teorioita, jotka kuvailevat miten tavoiteltuun lopputulokseen on päästy. Esimerkiksi tässä artikkelissa ongelma-analyysillä kartoitetaan kehitettävien oppimisympäristöjen tarpeet, joiden pohjalta määritellään tavoitteet (kontekstisidonnainen teoria). Ongelma-analyysikategorian tuottamat teoriat ovat kuvailevia.

3. Kehittämistuotuskategoria tuottaa kontekstisidonnaisia malleja. Kontekstisidonnainen malli voi olla esimerkiksi tietyn ilmiön opettamiseen soveltuva konkreettinen opetusmateriaali tai tietylle opiskelijaryhmälle suunniteltu kurssi. Kehittämistuotuskategoria tuottaa ohjeistavia malleja. (Edelson, 2002)

2.1 Kehittämistutkimuksen toteuttaminen

Kehittämistutkimusta pidetään yleisesti haastavana ja paljon resursseja vaativana tutkimusmenetelmänä (Edelson, 2002). Sen etuna kuitenkin on, että siinä pyritään tarkastelemaan kehittävää ilmiötä kokonaisvaltaisesti todellisissa olosuhteissa hyödyntäen tutkimukseen osallistujia kehittämisprosessissa, kun taas perinteiset kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät pyrkivät mittamaan tiettyjä muuttujia ja tarkastelevat tutkimukseen osallistujia puhtaasti koehenkilöinä. Kehittämistutkimus on myös joustava tutkimusmenetelmä, jossa sosiaaliset vuorovaikutukset huomioidaan aikaisempaa monipuolisemmin. (Collins, 1999)

Kehittämistutkimus etenee syklisesti kokeellisten ja teoreettisten vaiheiden kautta, minkä vuoksi kuvassa 1 kuvatut kehittämistutkimuksen ydinosa-alueet ovat keskenään vahvassa vuorovaikutuksessa. Tutkimuksen edetessä suoritetaan jatkuvaa formatiivista prosessiarviointia, ongelma-analyysia syvennetään sekä tuotetta testataan ja jatkojalostetaan vastaamaan paremmin kehittämistutkimukselle asetettuja tavoitteita (Edelson, 2002). Kehittämistutkimus soveltuu useantyyppisiin projekteihin. Kehittämistutkimuksilla on kehitetty esimerkiksi TVT -pohjaisia oppimisympäristöjä (ASTEL, Juuti, 2005; VRP, Aksela, 2005; WISE, esim. Slotta, 2004), opetusohjelmistoja (ChemSense, esim. Schank & Kozma, 2002) ja kontekstisidonnaisia teorioita (termodynamiikan opettaminen verkkoympäristössä, Clark, 2004).

2.2 Kehittämistutkimuksen luotettavuus

Perinteisesti tieteellisen tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan validiteetin (pätevyys, tutkimus kohdistuu siihen, mitä on aiottu tutkia) ja realibiliteetin (luotettavuus, tulosten toistettavuus) avulla. Nämä käsitteet ovat kehittyneet määrällisen tutkimuksen maailmassa, minkä vuoksi ne eivät sellaisenaan ole sovellettavissa usein laadullisena toteutettavaan kehittämistutkimukseen. (Tuomi & Sarajärvi, 2009) Laadullisen tutkimuksen luottavuustarkasteluun sovelletaan yleisesti Lincolnin ja Guban (1985) kehittämää luokittelua, joka sisältää neljä luokkaa: Uskottavuus, siirrettävyys, luotettavuus/varmuus ja vahvistettavuus. (Tuomi & Sarajärvi, 2009)

Luotettavuusanalyysin näkökulmasta kehittämistutkimus on haasteellinen tutkimusmenetelmä. Ensinnäkin laadukas kehittämistutkimus on avoin ja monimutkainen kokonaisuus: 1) kehittämisen tulee olla kokonaisvaltaista, jolloin kehittämistuloksena saadaan sekä ohjaavia malleja ja teorioita että kuvailevia teorioita, 2) kehittämisen tulee edetä sykleittäin sisältäen jatkuvaa kehittämistä ja arviointia, 3) kehittämisessä tulee pyrkiä teorioihin, jotka ovat siirrettävissä kentälle opettajien tai muiden opetusalan ammattilaisten käyttöön, 4) kehittämisprosessiin tulee sisältyä testaamista autenttisissa olosuhteissa ja 5) kehittämistutkimuksen kaikki syklit tulee dokumentoida tarkasti.

(Design-based Research Collective, 2003) Kellyn (2004) mukaan juuri avoimuus ja monimutkaisuus ovat merkittävimpiä kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelussa huomioitavia tekijöitä. Ne tekevät tutkimuksen mielekkään rajaamisen ja raportoinnin vaikeaksi. Esimerkiksi tutkimusaineistoa tulee paljon, hyvin erilaisista lähteistä ja joskus myös suunnittelemattomana, minkä vuoksi yleistysten tekeminen on haasteellista. Yleistyksiä tehdessä virhettä aiheuttavat muun muassa sosiaalisen tapahtuman ainutlaatuisuus, johon vaikuttavat esimerkiksi sosiaaliset hierarkiat ja ainutlaatuinen kehittämiskonteksti.

Arvostelijoiden mukaan kehittämistutkimuksen heikkoutena on, että se toteutetaan usein kvalitatiivisena pienellä otoskoollla. Se ei siten kuvaa perusjoukkoa niin hyvin kuin kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät korkeatasoiselta tieteelliseltä tutkimukselta odottavat. Kehittämistutkimuksen puolustajat taas argumentoivat kehittämistutkimuksen vahvuuden olevan juuri tutkimustulosten yleistettävyydessä sekä selitysvoimassa, vaikka sen luotettavuutta ei aina pystytä todistamaan tilastollisesti merkittäväksi. Kehittämistutkimuksen yleistettävyys ja selitysvoima ovat sen käytännöllisyydessä. Se tuottaa käytännönläheistä kentälle siirrettävää tietoa jokaisessa vaiheessa. Tutkijat, kehittäjät ja muut sidosryhmät syvenyvät kehittämisprosessin aikana tutkimuksen prosesseihin, tarpeisiin ja kontekstiin kehittäen samalla omaa osaamistaan kokonaisvaltaisesti. Kehittämistuotokset ovat toimivia, sillä ne kehitetään autenttisissa olosuhteissa. Myös ongelma-analyysi antaa konkreettista kontekstisidonnaista tietoa sekä käytännön ratkaisuja. (Edelson, 2002)

Kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan vahvistaa triangulaation avulla (Design-Based Research Collective, 2003). Tässä tutkimuksessa käytetään metodista triangulaatiota, jolloin aineistoa kerätään ja analysoidaan samanaikaisesti useilla eri menetelmillä tavoitteena tulosten konvergoituminen (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Metodisessa triangulaatiossa luotettavuustarkastelu suoritetaan käytettyjen menetelmien luotettavuustekijöiden perusteella (ks. tarkemmin luku 4.2). Tutkimuksen luotettavuutta nostavat myös syklien ja analyysien määrät sekä standardoitujen mittarien käyttö. Lisäksi luotettavuuteen vaikuttaa hyvin merkittävästi konsensukseen johtavan kehittämisen tarkka dokumentointi ja raportointi. (Design-Based Research Collective, 2003; Bell et al., 2004; Edelson, 2002)

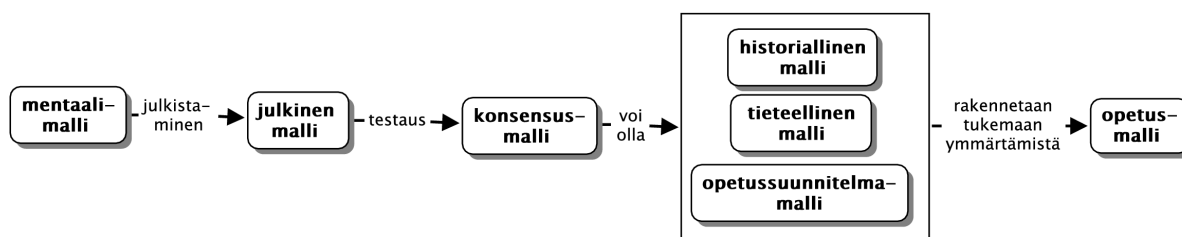
Kehittämistutkimuksen luotettavuutta tarkastellessa tulee huomioida myös tutkimusmenetelmän lyhyt ikä, minkä vuoksi vahvaa tutkimusperinnettä ei ole ehtinyt syntyä (Barab & Squire, 2004). Tästä johtuen kehittämistutkimukseen liittyen on useita ratkaisemattomia kysymyksiä, kuten esimerkiksi:

- Mihin epistemologiaan kehittämistutkimus pohjautuu?
- Miten kvantitatiiviset ja kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät sovitetaan mielekkäästi yhteen kehittämistutkimuksen sisällä?
- Miten löydetään tasapaino käytäntöjen ja teorioiden kehittämisen välillä? (Wang & Hannafin, 2004)
- Miten saavutetaan riittävä konsensuksen taso? (Dede, 2004)
- Miten vältytään tutkijan vaikutukselta tutkimusten aikana ja raporteissa?
- Miten yksittäisistä tutkimuksista saadut tulokset saadaan siirrettyä laajempaan käyttöön? (Barab & Squire, 2004)

3. Mallikäsitteen teoreettinen tausta

Käsitteellä malli tarkoitetaan jonkin ilmiön tai olion visualisointia. Malli voi olla konkreettinen (pienoismalli tai muovinen molekyylimalli), verbaalinen (kielikuva puheessa tai kirjoitettu kuvaus), matemaattinen (yleinen kaasulaki), visuaalinen (kuva tai kuvaaja) tai elemalli (esim. käden liike). (Gilbert et al., 2000)

Tutkimalla mallin elinkaarta mallin ontologisen statuksen muutoksen avulla, päästään käsiksi siihen miten malli kehittyy (ks. kuva 2). Mallin ollessa henkilökohtainen ja yksityinen esitys jostain ilmiöstä, on kyse sisäisestä mallista. Sisäinen malli muuntuu julkiseksi malliksi, kun se julkistetaan esimerkiksi jossain yhteisössä tai verkossa. Sosiaalisten yhteisöjen työstäessä julkista mallia, syntyy kontekstisidonnainen yhteisymmärrysmalli (konsensusmalli). Yhteisymmärrysmalli on tietyn yhteisön yksimielinen esitys mallista, jonka aikaansaamiseksi ryhmä on testannut, arvioinut ja kehittänyt julkista mallia. Malli voi konsensuksen muodostavasta yhteisöstä ja mallin tavoitteesta riippuen olla esimerkiksi tieteellinen tai historiallinen malli. Yhteisymmärrysmallista saadaan aikaiseksi opetussuunnitelmamalli yksinkertaistamalla sitä ja sisällyttämällä se opetussuunnitelmaan. Yhteisymmärrysmallit ovat usein haastavia ymmärtää. Niiden ymmärtämisen tueksi opettajat ja opiskelijat rakentavat opetusmalleja, esimerkiksi oppimista tukeva visualisointi. Näiden lisäksi on olemassa pedagoginen malli, joka on opettajien käyttämä malli opettamisesta sekä hybridimalli, joka sisältää piirteitä historiallisesta, tieteellisestä ja opetussuunnitelmamallista. (Gilbert et al., 2000)



Kuva 2. Mallin ontologisen statuksen muuttuminen (Gilbert et al., 2000).

4. Kehittämistutkimuksen ensimmäinen osa

Kehittämistutkimus toteutettiin keväällä 2010 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin yhteydessä. Kurssi on kemian aineenopettajaopiskelijoille suunnattu syventävä kurssi. Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Tässä artikkelissa raportoitava tutkimus rakennettiin mallin ontologisen statuksen muuttumisen ympärille. Tutkimus sisälsi neljä vaihetta: 1) historiallisen kurssimallin analysointi itsenäisesti, 2) sisäisen mallin rakentaminen itsenäisesti, 3) sisäisen mallin julkistaminen pienryhmässä ja 4) yhteisymmärrysmallin rakentaminen yhteisöllisesti.

Tässä luvussa esitellään päätutkimuskysymykset (ks. luku 4.1), tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät (ks. luku 4.2) sekä tutkimuksen eteneminen (ks. luku 4.3).

4.1 Tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimuksen päätutkimuskysymykset olivat:

- Millaisia mahdollisuuksia ja haasteita Kemian mallit ja visualisointi -kurssilla on?
- Millaisia muutoksia ja ratkaisuja Kemian mallit ja visualisointi -kurssiin tehtiin mahdollisuuksien tukemiseksi ja haasteisiin vastaamiseksi?
- Miten yhteisöllinen malliteoriaan pohjautuva kehittämistutkimus toimii tässä kehittämiskontekstissa?

4.2 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Historiallisen kurssimallin analyysissä kurssia tarkastellaan sekä historiallisen tutkimuksen että aineistolähtöisen sisällönanalyysin metodein.

4.2.1 Historiallinen tutkimus

Historiallisessa tutkimuksessa pyritään tekemään nykyisyyttä auttavia johtopäätöksiä tutkimalla menneisyyttä. Historiallisessa tutkimuksessa tehdään menneisyyttä tutkimalla hypoteesejä, joita testaamalla voidaan muun muassa tuottaa ratkaisuja nykyajassa vallitseviin ongelmiin, saada ymmärrystä nykyajassa tutkittaviin aineistoihin, oppia ymmärtämään nykyaikaa ja tulevaisuutta paremmin refleктоimalla sitä menneisyyteen. Historiallinen tutkimus suoritetaan tutkimalla omia tai muiden kokemuksia, muistiinpanoja, muistioita tai muita tutkittavaa ilmiötä käsitteleviä dokumentteja. Tutkimusaineisto voi koostua primäärilähteistä tai sekundäärilähteistä. Primäärilähteiden käyttö nostaa tutkimuksen luotettavuutta. Muita historiallisen tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi lähdekritiikki, heikko raportointi ja tutkijan vaikutus, johon lasketaan esimerkiksi tutkimusongelman heikko määrittely, vaikutus tutkimusaineistoon (esim. kokemusten muistaminen) ja puutteellinen päättely (ylipelkistys tai liika yleistys). (Cohen et al., 2007, 191-204)

4.2.2 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi

Sisällönanalyysin tavoitteena on luoda tutkimusaineistosta selkeä sanallinen kuvaus. Aineistolähtöisessä sisällönanalyysissä tutkimusaineistosta nostetaan induktiivisen päättelyketjun avulla käsitteitä, jotka esittävät tutkittavan aineiston kannan tutkittavasta ilmiöstä. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi sisältää vaiheet: 1) aineiston pelkistäminen, 2) aineiston ryhmittely ja 3) luokkien muodostaminen. Aineiston pelkistämisvaiheessa aineistosta etsitään analyysiyksiköitä, jotka voivat olla esimerkiksi yksittäisiä sanoja tai ajatuskokonaisuuksia. Tässä tutkimuksessa analyysiyksikkö on ajatuskokonaisuus. Aineiston ryhmittelyosuudessa pelkistetyt analyysiyksiköt jaetaan samankaltaisiin ryhmiin, joista vaiheessa kolme muodostetaan ensin alaluokkia, seuraavaksi yläluokkia ja lopuksi pääluokkia. Luokkien muodostamista jatketaan niin kauan kuin se on aineiston ja tavoitteiden näkökulmasta mielekästä. Analyysiä voidaan jatkaa vielä aineiston

kvantifioinnilla, jossa lasketaan luokkien esiintymisfrekvenssejä. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 108-113)

4.3 Kehittämistutkimuksen eteneminen

4.3.1 Historiallisen mallin analyysi

Kehittämisen ensimmäisessä vaiheessa tutkijat tutustuivat itsenäisesti Kemian mallit ja visualisointi -kurssin historialliseen malliin analysoimalla edellisten kurssien rakenteet, sisällöt ja palautteet. Historialliseen malliin tutustuminen oli tutkimuksen teoreettinen ongelma-analyysi, joka sisälsi kurssin tarkastelua sekä historiallisen tutkimuksen (Cohen et al., 2007, 191-204) että aineistolähtöisen sisällönanalyysin metodein (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 108-113). Vaiheen tavoitteena oli selvittää tutkijoille millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kurssin kehittämisellä on.

Kurssin historia raportoidaan aikaisempien vuosien kurssimateriaalien ja tutkijoiden kokemusten pohjalta. Kaikki tutkijat tarkastelivat myös kurssin koko historiallista viitekehystä omien kokemuksiensa pohjalta:

1. Tutkija 1 on osallistunut kurssille kahdesti, vuonna 2006 opiskelijana ja 2008 opettajana. Tutkija 1 vastasi myös tämän kehittämistutkimuksen koordinoinnista.
2. Tutkija 2 on toiminut jokaisella kurssikerralla (2002-2008, yhteensä 6 kertaa) kurssin opettajana ja johtajana sekä kantanut päävastuun vuosittaisesta kehittämisestä.
3. Tutkija 3 oli edellisellä kurssikerralla (2008) kurssin opiskelija.

Aineistolähtöinen sisällönanalyysi suoritettiin vuoden 2008 kurssin palautteesta. Vuoden 2008 palaute kerättiin avoimella kyselylomakkeella kurssin viimeisellä luentokerralla, johon opiskelijoita pyydettiin listaamaan perusteluineen kurssin kolme onnistunutta asiaa sekä kolme kehitettävää osa-aluetta. Palautteeseen vastasi 18 opiskelijaa.

4.3.2 Sisäisen mallin rakentaminen

Historiallisen mallin analysoinnin pohjalta kehittäjät loivat itsenäisesti sisäisen mallin kurssin sisällöstä ja toimintatavoista sekä kurssin kehittämisestä. Tutkijoille annettiin sisäisen mallin rakentamiseksi seuraavanlaiset ohjeet:

"Palauta mieleen kehittämistutkimuksen ja mallikäsitteen teoreettinen tausta ja tutustu vuoden 2008 kurssirakenteeseen, tavoitteisiin, sisältöön materiaali-cd:n avulla. Materiaali-cd sisältää kurssin kaikki tehtävät, luennot, luettavan kirjallisuuden ja paljon visualisointeja (molekyylimalleja ja animaatiota).

Seuraavaksi tutustu vuoden 2008 palautteeseen. Rakenna itsellesi kurssista sisäinen malli, joka on reflektio kuvaus "historiallisen kurssin" ja haluamasi "toteutettavan kurssin" välillä. Tarkastelun pääpaino tulee suunnata palautteen kehittämiskohtiin ja vahvuuksiin, tavoitteiden ja sisällön vuorovaikutukseen ja konkreettisen toteutuksen kehittämiseen

(tehtävien määrä, laatu, arvostelu, palautusajat, käytettävä verkko-oppimisympäristö). Sisäisen mallin muoto on vapaa, esim. käsikartta tai yksi liuska tekstiä.”

4.3.3 Sisäisen mallin julkistaminen

Itsenäisen työskentelyvaiheen jälkeen tutkijat tapasivat ensimmäisen kerran ja julkistivat sisäiset mallit kehittämistuotoksesta ja kehittämisprosessista toisilleen. Tutkija 1:n sisäinen malli oli visuaalinen (käsitekartta) ja tutkijoiden 2 ja 3 mallit verbaalisia (tutkija 2: puhuttu malli ja tutkija 3: kirjoitettu malli).

4.3.4 Yhteisymmärrysmallin rakentaminen

Ensimmäinen tapaamisen aikana julkisia malleja testattiin ja kehitettiin keskustelun ja graafisen mallintamisen avulla. Julkisista malleista visuaalinen käsitekarttamalli valittiin yhteiseksi työstömalliksi. Tietokoneavusteinen käsitekartta mahdollisti interaktiivisen työalustan, jossa tutkijat pystyivät mallintamaan samanaikaisesti. Ensimmäisen tapaamisen jälkeen tutkija 1:n tehtäväksi annettiin testaamisessa muokatun työstömallin puhtaaksi mallintaminen seuraavaan tapaamiseen. Toisessa tapaamisessa tutkija 1 esitteli ensimmäisessä tapaamisessa julkisten mallien avulla työstetyn mallin, jonka tutkijat 2 ja 3 hyväksyivät yhteisymmärryksessä.

5. Tulokset

Tulokset esitellään tutkimuskysymyksittäin.

5.1 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin haasteet ja mahdollisuudet

5.1.1 Kemian mallit ja visualisointi -kurssin historiallinen tarkastelu

Kemian mallit ja visualisointi -kurssi oli luennoitu kuusi kertaa ennen kehittämistutkimuksen alkamista. Kurssia on kehitetty tutkimusperustaisesti koko historiansa ajan (ks. esim. Aksela & Lundell, 2008). Kurssi luennoitiin nimellä Laskennallinen kemia kouluopetuksessa (2 ov) vuosina 2002, 2003, 2004, 2005 ja 2006, jonka jälkeen tutkinnonuudistuksen myötä kurssin nimi muutettiin nykyiseen muotoon, kuormitus nousi 5 opintopisteeseen ja luennointifrekvenssi harveni joka toiseen vuoteen (ensimmäisen kerran vuonna 2008).

Laskennallinen kemia kouluopetuksessa kurssi (2002-2006) koostui noin seitsemästä etätehtävästä, luennoista, mallinnusharjoituksista ja projektityöstä, johon sisältyi oppilasryhmän ohjaaminen pareittain. Kurssi arvioitiin asteikolla hyväksytty/hylätty. Hyväksytty suoritus edellytti kaikkien etätehtävistä tehtävien oppimispäiväkirjojen palauttamista ja aktiivista osallistumista projektityöhön. Projektityön aihe oli kaikilla opiskelijoilla aspiiriin mallintaminen johon ei sisällynyt raportin kirjoittamista.

Vuoden 2008 ensimmäinen Kemian mallit ja visualisointi -kurssi koostui kahdeksasta etätehtävästä, 10 luennosta ja projektityöstä, johon sisältyi oppilasryhmän ohjaaminen ja raportin kirjoittaminen. Projektitöiden aiheet määräytyivät ohjattavan oppilasryhmän tarpeiden mukaisesti. Etätehtävien tavoitteena oli pohjustaa luento-opiskelua. Etätehtävät koostuivat tulevan luennon aihetta käsittelevästä artikkelista, lyhyestä referaatista tai artikkeliin liittyvästä tehtävästä ja luennon alussa tapahtuvasta koontikeskustelusta. Luennot järjestettiin tiistaisin ja etätehtävät palautettiin maanantaiaamuisin Blackboard verkko-oppimisalustalle. Kurssin etätehtävistä ja luennoista viisi käsitteli kemian ilmiöitä ja neljä mallinnukseen liittyviä teoreettisia ja teknisiä työkaluja. Kurssin luentorunko oli seuraavanlainen:

- Kurssin aloitus: (Käytännöt ja visualisointi kemiassa)
- Mallit ja mallinnus
- Johdatus laskennalliseen kemiaan
- Energia laskennallisessa kemiassa ja sen visualisointi
- Stereokemia ja kiraalisuus
- Orbitaalit
- Kemiallinen sidos ja spektrit
- Kemiallinen reaktio
- Simulaatiot kemian opetuksessa
- Kurssipalaute

Vuoden 2008 kurssin tavoitteena oli, että opiskelija:

- ymmärtää kemian mallien erilaisia luonteita, niiden rooleja sekä niiden käyttöä kemiassa ja kemian opetuksessa,
- osaa käyttää erilaisia malleja kemian opetussuunnitelman perusteiden mukaisten keskeisten käsitteiden visualisoinnissa,
- ymmärtää kemian visualisointia ja sen roolia erilaisten mallien esittämisessä,
- osaa hyödyntää laskennallista kemiaa kemian oppimisen tukena koulussa,
- osaa käyttää erityisesti tieto- ja viestintäteknikkaa kemian mallien visualisoinnissa ja mielekkäästi kemian opetuksessa ja
- saa innostusta ja elämyksiä aiheesta kouluopetukseen.

Kurssin arvioinnissa etätehtävät ja luennot käsittivät 20 % arvosanasta ja projektityö 80 %. Kurssi arvosteltiin asteikolla hylätty, 1-5.

5.1.2 Historiallisen kurssimallin palautteen aineistolähtöinen sisällönanalyysi

Aineistolähtöisen sisällönanalyysin mukaan opiskelijat kokivat vuonna 2008 kurssin pääosin onnistuneeksi, erityisesti kurssilaiset arvostivat käytännön painotusta ja opetuksen suoraa siirrettävyyttä omaan opetukseen (ks. tarkemmin taulukko 1). Kurssin etätehtäviä pidettiin mielenkiintoisina ja niiden koettiin tukevan erinomaisesti luentoja, mutta opiskelijat näkivät niissä myös kehittämiskohteita, esimerkiksi teorian rinnalle tulisi lisätä käytännön harjoituksia ja toteutusta kehittää ohjeistuksen osalta. Kurssin luennoitsijaa

pidettiin pääosin erinomaisena ja luentojen teoreettista tasoa kurssille sopivana, mutta osa koki myös luennoitsijan kyselevän opetustyylin ahdistavana ja teoreettisen tason liian korkeana kurssin tavoitteisiin nähden. Kurssin mallinnusharjoituksia pidettiin valtaosin hyvinä ja kurssin käytännön painotusta pidettiin hyödyllisenä. Opiskelijat kokivat harjoitusten aiheiden olevan mielenkiintoisia ja ohjauksen olevan hyvin toteutettua, mutta toisaalta harjoituksiin toivottiin yksityiskohtaisempia teknisiä ohjeita, jolloin uuden ohjelmiston käyttäminen ja opetuksen seuraaminen helpottuisi.

Projektityön koettiin olevan kurssin antoisin osio. Sen koettiin tarjoavan mielekkäitä haasteita, jonka suorittamiseksi opiskelijoiden tuli hyödyntää kurssilla opittuja taitoja ja taitoja monipuolisesti. Oppilasryhmävierailun myötä projektityön koettiin kehittävän erityisesti myös ammatillisista osaamista, joka tukisi molekyylihallinnuksen siirtymistä osaksi omaa opetusta tulevaisuudessa. Osa opiskelijoista toivoi kuitenkin lisää ohjausta projektityön suunnitteluun ja oppilasryhmävierailuiden koordinoimisen kehittämistä, niin että opiskelijat saisivat aikaisemmin kurssilla oppilasvierailun aiheen, jossa ei tapahtuisi enää kurssin aikana muutoksia.

Taulukko 1. Vuoden 2008 kurssipalautteen mukaan kurssin onnistuneet ja kehitettävät osa-alueet.

| Onnistuneet asiat | | | Yhdistävä luokka | Kehitettävät asiat | | |
|--|--------------------------------|----|------------------|--------------------|----------------------------------|--|
| Alaluokka (F) | Yläluokka (F) | F | | F | Yläluokka | Alaluokka |
| Ei tenttiä (1) | Tentti (1) | 1 | Arviointi | 2 | Arviointiperusteet (2) | Arviointiperusteita ei ilmoitettu kurssin alussa (1) Etätehtävillä liian vähän painoarvoa (1) |
| Artikkelit olivat sopivan pituisia (1) Hyvin valittu, liittyivät läheisesti luentoihin (1) Mielenkiintoisia artikkeleita (1) | Etätehtävien laatu (5) | 10 | Etätehtävät | 16 | Etätehtävien laatu ja määrä (10) | Osa tylsiä (2) Osa hyödyttömiä (1) Liikaa (1) Enemmän käytäntöön pohjautuvia (5) Liian työläitä (1) |
| Saivat opiskelijan ajattelemaan omasta näkökulmasta (1) Pohjustivat seuraavan luennon (2) Helpottivat luennon seuraamista (1) Oppikirjojen haasteisiin ja mahdollisuuksiin tutustuminen (1) | Etätehtävien vaikutus (5) | | | | Etätehtävien toteutus (6) | Liian lyhyt viikoittainen työaika (1) Epäselvä ohjeistus (2) Mallivastaukset puuttuivat (1) Liian pitkiä artikkeleita (1) Ei oppikirjoja (1) |
| Asiaan perehtynyt (1) Kiinnostunut (1) Innostunut (2) Yleinen laatu (1) Tietokonetaidot (1) Huumorintaju (1) | Luennoitsijan ominaisuudet (6) | 9 | Luennoitsija | 5 | Luennoitsijan opetustyyli (5) | Luennoitsija teki liikaa kysymyksiä, eikä antanut oikeita vastauksia (5) |
| Havainnollistava (1) Luennointitapa sai ajattelemaan (2) | Luennoitsijan opetustyyli (3) | | | | | |
| Kattavia (1) Mielenkiintoisia (1) Sopiva teorian taso (2) Selkeitä (1) | Luentojen soveltuvuus (9) | 10 | Luennot | 3 | Luentojen soveltuvuus (3) | Liian korkea teorian taso (2) Liian pitkä luentokerta (1) |

| | | | | | | |
|---|---|----|------------------------|---|--------------------------------------|---|
| Hyviä yleisesti (3) Hyvät materiaalit (1) | | | | | | |
| Ajattelua herättäviä (1) | Luentojen vaikutus (1) | | | | | |
| Paljon tietokoneharjoituksia (1) Painotus käytännössä (2) Mielenkiintoisia (1) | Harjoitusten laatu ja määrä (4) | 13 | Mallinnus-harjoitukset | 8 | Harjoituksien laatu ja määrä (4) | Enemmän käytännön harjoituksia (2) Enemmän itsenäisiä harjoituksia (1) Yläkouluun soveltuvia harjoituksia (1) |
| Tekninen harjoittelu (2) | Mallinnus-ohjelmistojen käyttö (2) | | | | Harjoituksien ohjeistus (3) | Käytännön harjoituksiin (2) tarkemmat ohjeet Tutorhetki käytännön oppimisen tukemiseen (1) |
| Mielenkiintoista (1) Hyödyllistä (4) Monipuolista (2) | Tutustuminen mallinnus-ohjelmistoihin (7) | | | | Mallinnus-ohjelmistot (1) | Enemmän erilaisia ohjelmistoja (1) |
| Luovuutta vaativa (1) Mielekäs suunnitteluvaihe (2) Yhdistää tiedot ja taidot monipuolisesti (2) | Opiskelijoiden kokemukset projektityöstä (5) | 17 | Projektityö | 5 | Oppilas-vierailujen koordinointi (2) | Varausjärjestelmän uudistaminen (2) |
| Oppi myös itse (2) Kuva mallinnustuokioon tarvittavista resursseista (1) Rohkaisi pitämään pajoja omassa koulussa (2) Käytännön kokeilumahdollisuus (4) | Oppilas-vierailun vaikutus (9) | | | | | |
| Suunnittelussa oppi käyttämään mallinnusohjelmistoja (2) Oppilasvierailun harjoittelu (1) | Projektityön suunnittelun vaikutus oppimiseen (3) | | | | Projektitöiden ohjaaminen (3) | Enemmän ohjausta projektityöhön (1) Selkeämpi ohjaus (1) Projektitöiden aihe oppilasryhmältä (1) |
| Tietoa mallinnuksen ja mallinnusohjelmistojen hyödyntämisestä oppitunnilla (2) Tietoa mallinnuksen opettamisesta (3) Tiedot ja taidot siirrettävissä omaan opetukseen (2) Tietoa visualisoinneista oppilaan näkökulmasta (1) | Oman työn tukeminen (8) | 8 | Siirrettävyys | - | - | - |

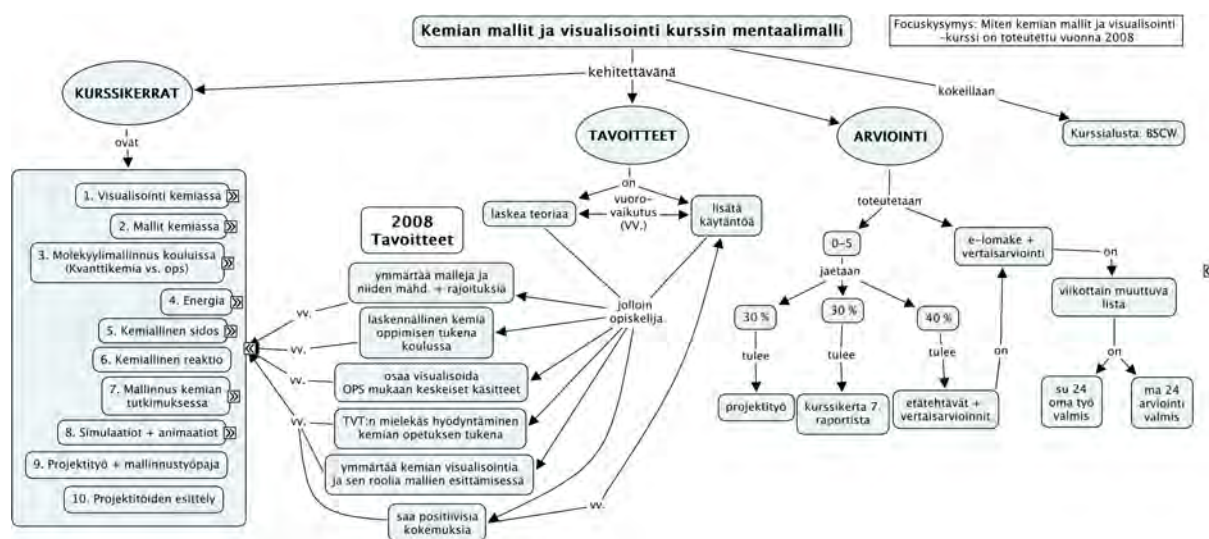
5.1.3 Sisäiset mallit

Tutkijat rakensivat kolmenlaisia sisäisiä malleja. Tutkija 1:n sisäinen malli oli käsitekarttamuodossa, tutkija 2:n puhemuodossa ja tutkija 3:n kirjoitetussa muodossa. Tutkijan 1 käsitekartta valittiin visuaalisen muotonsa vuoksi yhteiseksi työstömalliksi (ks. kuvat 3-5).

Tutkija 1 keskittyi kehittämään etätehtävien arviointia helpottavaa opetusteknologiaa. Toimiessaan kurssilla assistenttina vuonna 2008, kurssilaisten palauttamien etätehtävien

viikoittainen määrä oli erittäin suuri. Silloiselle kurssille osallistui 38 opiskelijaa. Opiskelijat palauttivat viikoittain etätehtävän, joiden pituudet vaihtelivat opiskelijakohtaisesti välillä 1-10 sivua. Assistentille oli varattu yksi työpäivä tehtävien korjaamiseen, jolloin laadukas etätehtävien korjaaminen ja palautteenanto ei yhdelle assistentille ollut mahdollista.

Tämän haasteen ratkaisemiseksi tutkija 1 ehdotti, että kurssilla testattaisiin Helsingin yliopiston Tilastotieteen laitoksella käytettävää vertaisarviointimenetelmää, jossa kurssilaiset arvioisivat toistensa etätehtävät valmiiden ohjeiden mukaisesti verkkolomakkeella. Uusi teknologia mahdollistaisi suurien arvosanamäärien nopean hallinnoimisen, mikä osaltaan vähentäisi opettajien arviointiin käyttämää aikaa (ks. Joutsenvirta & Vehkalahti, 2005). Muutos tarkoitti myös kurssialustan uudentyypin käyttöönottoa omaksumista. Aikaisemmin kurssilla oli käytetty verkko-oppimisympäristöä opettajajohtoisesti, jolloin opettajat rakensivat sisällön, hoitivat viestinnän ja tehtävien arvioinnin. Tällöin opiskelijat seurasivat kurssin etenemistä ilman ylläpitäjän käyttöoikeutta. Vertaisarviointijärjestelmän mahdollistamiseksi opiskelijan oikeuksia tulisi lisätä, jotta opiskelijat pääsisivät näkemään toistensa töitä ja pystyisivät luomaan ja hallinnoimaan sisältöä. Näiden ominaisuuksien aikaansaamiseksi tutkija 1 ehdotti kurssialustaksi Basic Support for Cooperative Work (BSCW) -ryhmytyöalustaa, jonka vastaavanlaisesta hyödyntämisestä on niin ikään positiivisia kokemuksia Tilastotieteen laitokselta Helsingin yliopistosta (esim. Joutsenvirta & Vehkalahti, 2005; Vehkalahti, 2004).



Kuva 3. Tutkijan 1 sisäinen malli käsittekarttamuodossa.

Tutkija 2 keskittyi kehittämisessään kurssin sisältöjen ja tavoitteiden uudistamiseen. Tutkija 2 ehdotti julkistetussa mallissaan esimerkiksi simulaatiokurssikerran poistamista ja integroimista kemian ilmiöitä käsitteleville kurssikerroille opetus suunnitelmien perusteiden määrittelevien tavoitteiden tukemista tähtäävän opetuksen kirjaamista kurssin tavoitteisiin. Tutkijan 2 julkistettuun malliin sisältyi myös kurssiin liittyvän tutkimuksen suorittaminen, jossa tutkittaisiin opiskelijoiden visualisointitaitojen kehittymistä kurssin edetessä.

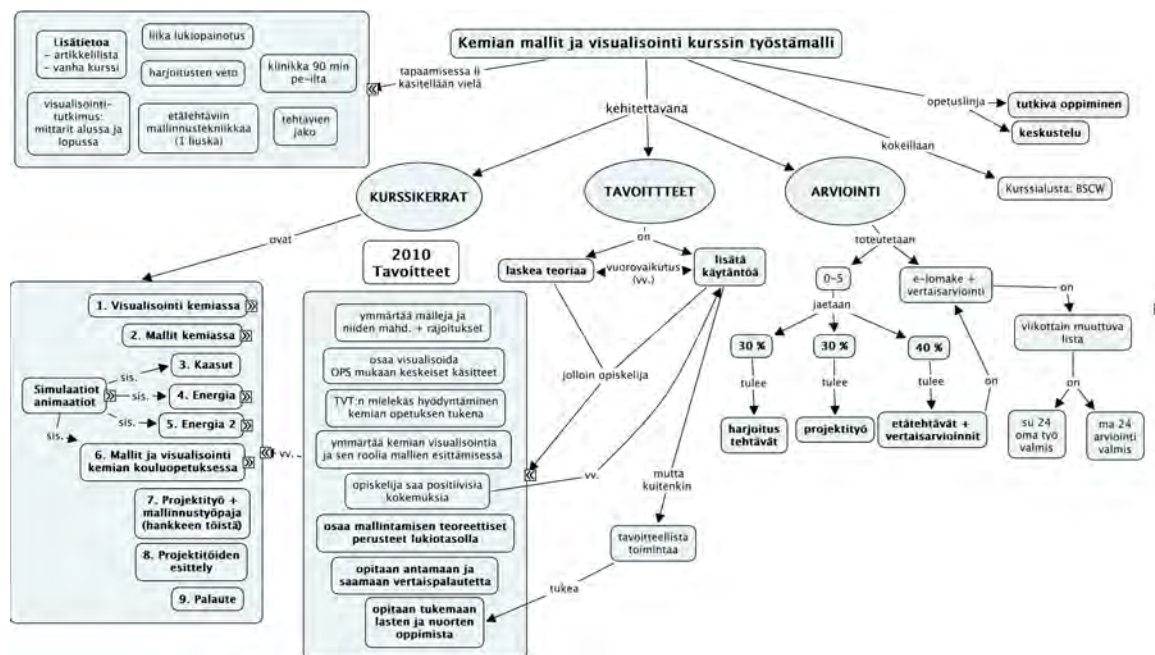
Tutkija 3 keskittyi käytännön lisäämisen ja opiskelijoiden projektitöiden ohjauksen kehittämiseen historiallisen mallin esittämien haasteiden mukaisesti. Tutkija 3 ehdotti, että käytännön määrää kurssilla pystyttäisiin nostamaan viikoittaisten mallinnusharjoitusten muodossa. Mallinnusharjoitusten tueksi tutkija 3 ehdotti viikoittaista mallinnusklinikkaa, jossa opiskelijat saisivat tehtävien ratkaisemiseen tarvittaessa tukea toisiltaan ja kurssin opettajilta. Projektitöiden ohjaamista tutkija 3 ehdotti kehittävänsä oman henkilökohtaisen panostuksensa myötä.

5.2 Kemian mallit ja visualisointi -kurssiin tehdyt muutokset

Ensimmäisessä suunnittelutapaamisessa tutkijat ryhtyivät työstämään yhteistä konsensusta julkistettujen mallien pohjalta. Kehittämisen tuloksena kurssiin tehtiin sisällöllisiä, tavoitteellisia ja rakenteellisia muutoksia, muun muassa käytäntöä lisättiin ja arviointimenetelmiä uudistettiin (ks. taulukko 2 ja vertaa kuvat 3, 4 ja 5).

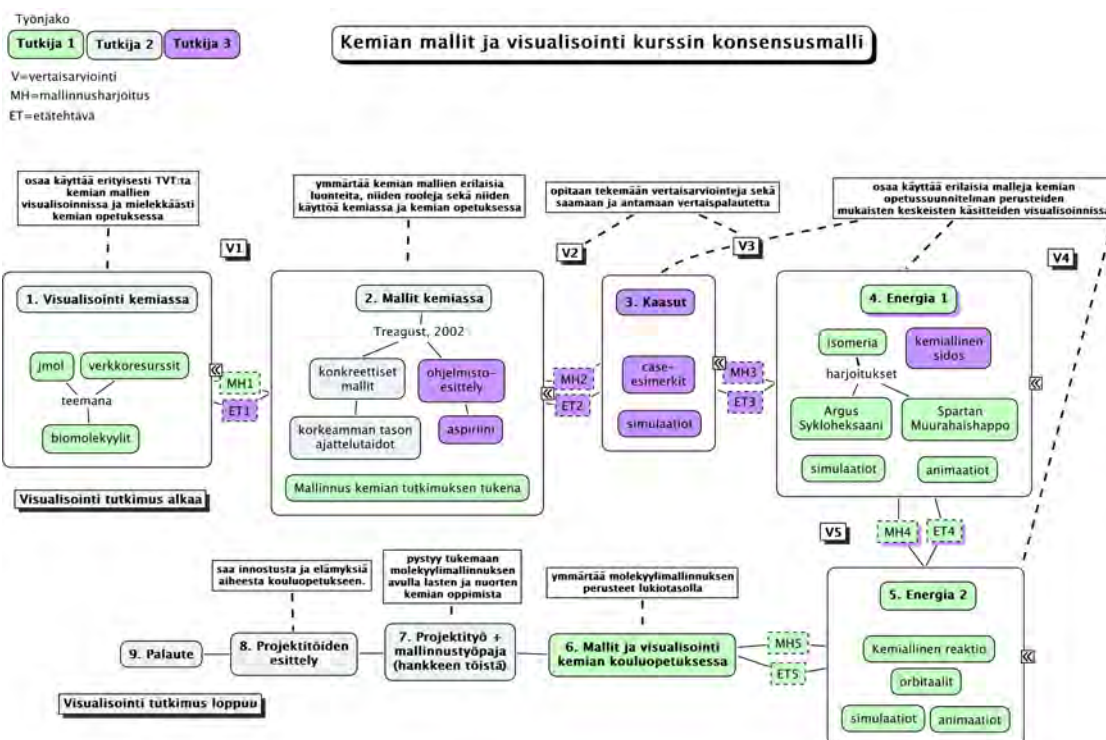
Taulukko 2. Tutkijoiden ehdottamat muutokset ja niiden perustelut tai tavoiteltu vaikutus.

| Esittäjä | Muutos | Perustelu/tavoiteltu vaikutus |
|-----------|---|--|
| Tutkija 1 | - Etätehtävien vertaisarviointi e-lomakkeiden avulla | - Kurssiassistenttien työmäärän vähentäminen - Opiskelijat oppivat saamaan ja antamaan vertaispalautetta (kirjattiin kurssin tavoitteisiin) - Verkostoitumisen mahdollisuus nousee - Positiivisten kokemusten luominen |
| Tutkija 1 | - Siirtyminen Blackboard kurssialustasta BSCW:hen | - Opiskelijoiden oikeuksien helpompi hallinnointi - Kevyemmän kurssialustan kokeileminen - Kurssiassistenttien työmäärän vähentäminen |
| Tutkija 2 | - Kurssin sisältöjen uudelleenjärjestely - Simulaatioiden integroiminen muihin kurssikertoihin - Ilmiöiden käsittely voimakkaammin energiateeman alla | - Simulaatioiden merkitys mallinnustyökaluna yleisesti, aikaisemmin esitelty erillisenä osiona ja opiskelijat ovat toivoneet enemmän - Opiskelijoiden olisi helpompi ymmärtää kurssin koostumusta - Opiskelijat ymmärtäisivät energian merkityksen kemiassa paremmin |
| Tutkija 2 | - Visualisointitutkimus | - Opiskelijoiden visualisointitaitojen kehittymisen tutkiminen kurssin aikana |
| Tutkija 3 | - Käytännön lisääminen - Viikoittaiset käytännönharjoitukset - Viikoittainen mallinnusklinikka - Etätehtävien määrän vähentäminen | - Opiskelijat ovat toivoneet lisää käytännön harjoituksia, muutoksella on tavoitteena luoda positiivisia kokemuksia opiskelijoille - Mallinnusklinikkauudistuksen myötä etätehtävien määrää tulisi laskea, ettei opiskelijoiden työmäärä nouse liian korkeaksi - Opiskelijat saavat enemmän valmista opetusmateriaalia ja pystyvät sen kautta tukemaan molekyylihallinnuksen avulla lasten ja nuorten oppimista (kirjattiin kurssin tavoitteisiin) |
| Tutkija 3 | - Projektitöihin liittyvän ohjauksen lisääminen | - Kurssiassistenttien määrän nostaminen mahdollistaa projektitöihin liittyvän ohjauksen lisäämisen |



Kuva 4. Julkinen työstömalli, muutokset tutkijan 1 sisäiseen malliin on visualisoitu lihavoineilla.

Toisessa suunnittelutapaamisessa tutkijat muodostivat vielä konsensuksen alustavasta työnjaosta opetuksen suhteen ja viimeistelivät kurssin tavoitteita, rakennetta ja etenemistä visualisoivan yhteisymmärrysmallin (ks. kuva 5).



Kuva 5. Konsensusmalli kurssin tavoitteista, rakenteesta ja etenemisestä.

6. Yhteenveto ja pohdinta

Tässä artikkelissa raportoitiin Kemian mallit ja visualisointi -kurssin ja kehittämistutkimuksen kehittämiseen tähtäävän kehittämistutkimuksen ensimmäinen osa. Tutkimuksen tavoitteena oli a) kartoittaa millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kurssin kehittämisellä on ja b) raportoida kehittämisen tuloksena kurssiin syntyneet muutokset.

Kehittämisen tarpeet ja mahdollisuudet kartoitettiin analysoimalla kurssin historiallinen viitekehys ja edellisen kurssikerran opiskelijapalaute. Historiallisen kurssimallin mukaan opiskelijat pitivät kurssia pääosin onnistuneena. Kurssin mahdollisuuksiksi koettiin ensinnäkin opetusjärjestelyt, jossa luennon aihealueeseen tutustutaan etukäteen etätehtävän muodossa ja teoriaa tuetaan käytännön mallinnusharjoituksilla, ja toiseksi kurssilla opettajien taitojen ja tietojen diffuusiota omaan opetukseen. Molekyylimallinnuksen diffuusiota tuettiin esimerkiksi ryhmissä suoritettavalla projektityöllä, johon sisältyi mallinnuspajan ohjaaminen autenttisessa opetustilanteessa (vrt. Pernaa 2010 ja Rogers, 1962). Kurssin haasteiksi opiskelijat mainitsivat myös opiskelijoiden ohjauksen määrän ja toivoivat muun muassa lisää käytännön mallinnusharjoituksia. Myös etätehtävien ja mallinnusharjoitusten tehtäväännöt ja työskentelyohjeistukset koettiin haasteiksi.

Kehittämisestä vastasivat kolme tutkijaa, jotka toimivat myös kurssin opettajina. Kehittäjillä oli hyvin erilaisia kokemuksia kurssista, minkä vuoksi he tarkastelivat myös kehittämistä erilaisista näkökulmista. Tutkijan 1 viimeisin kokemus kurssista oli kurssiassistenttina toiminen, jonka hän koki työlääksi suurten opiskelija- ja tehtävämäärien vuoksi. Tutkija 1 keskittyi kehittämään käytettävää opetusteknologiaa kurssin opettajien työ määrän keventämiseksi. Tutkija 2 oli nähnyt kurssin koko elinkaaren ja hänen kehittämismielenkiintonsa suuntautui koko elinkaarta tarkasteltaviin muutoksiin (kurssin tavoitteiden ja sisältöjen uudistaminen). Tutkija 3 oli viimeksi kurssilla opiskelijana ja keskittyi kehittämään opiskelijoiden ohjaamista ja käytännön harjoituksia historiallisen kurssimallin ja omien kokemusien pohjalta. Erilaisten kehittämiskontekstien myötä myös kehittäjät oppivat uudentyyppistä ajattelua kehittämisen aikana, mikä on yksi kehittämistutkimuksen vahvuuksista (vrt. Edelson, 2002).

Luotettavuustarkastelun näkökulmasta tutkijat pystyivät luomaan luotettavan kuvan kurssin haasteista ja mahdollisuuksista menneisyyden avulla. Analyysissä hyödynnettiin metodista triangulaatiota (vrt. Tuomi & Sarajärvi, 2009, 143-149) ja historiallisen kurssimallin analyysissä käytettiin ainoastaan primäärilähteitä. Lisäksi tutkijoiden henkilökohtainen kokemus kurssista varmisti kehittämispäätösten järkevyyden (vrt. Cohen et al., 2007, 191-204).

Kehittämistutkimuksen myötä kurssiin tehtiin logistisia, sisällöllisiä ja rakenteellisia muutoksia, esimerkiksi kurssin arviointimenetelmät, sisältöjen jaottelu ja tehtävät uudistettiin. Uudistuksien myötä myös kurssin tavoitteisiin kirjattiin vertaisarviointia ja molekyylimallinnuksen diffuusiota tukevia tavoitteita. Kehittämistutkimuksen luotettavuustarkasteluun reflektoiden, erityisesti konsensukseen johtavien ratkaisujen ja kehittämistutkimuksen etenemisen raportointiin (mallin kehittyminen) sekä visualisointiin (ontologiset käsittekartat) kiinnitettiin tutkimuksessa huomiota, mitkä ovat kehittämistutkimuksen suurimpia haasteita. Maliin kehittymiseen pohjautuva yhteisöllinen

kehittämistutkimus mahdollisti hallitun kehittämiskontekstin, joka sisälsi useita syklejä ja konsensuksen rakennusvaiheita, mikä myös nostaa tutkimuksen luotettavuutta (vrt. Dede, 2004; Design-Based Research Collective, 2003; Bell et al., 2004; Edelson, 2002)

Tulevaisuudessa kehittämistutkimusta jatketaan suorittamalla tutkimuksen toinen osa, jossa arvioidaan tässä artikkelissa kehitettyä kurssia. Toisessa osassa tarkastellaan kurssin väliarviointia ja sen pohjalta tehtyä kehittämistyötä sekä kurssin loppupalautetta. Tutkimuksessa selvitetään miten opiskelijat suhtautuvat uuteen kurssimalliin ja millaisia jatkokehittämiskohteita palautteen pohjalta syntyy. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että malliteoriaan pohjautuva yhteisöllinen kehittämistutkimus soveltuu erinomaisesti kurssien kehittämiseen korkeakouluopetuksessa, mikä taas tukee tutkimusperustaisen opettajankoulutuksen tavoitteita (vrt. Aksela, 2010; Jakku-Sihvonen & Niemi, 2006). Tutkimus osoitti myös, että malli käsitteen ontologisen statuksen ja käsitekarttojen hyödyntäminen kehittämistutkimuksen dokumentoinnissa mahdollistaa monimutkaisemman kehittämistutkimuksen raportoinnin, mikä nostaa tutkimuksen luotettavuutta.

Lähteet

Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: Becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 84-91.

Aksela, M. (2005). *Supporting Meaningful Chemistry Learning and Higher-order Thinking Through Computer-Assisted Inquiry: A Design Research Approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.

Aksela, M. & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 301-308.

Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.

Bell, P., Hoadley, C. M. & Linn, M. C. (2004). Design-based research in education. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 73-85). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.

Clark, D. (2004). Hands-on investigations in Internet environments: Teaching thermal equilibrium. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 175-200). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P. (2001). Supporting the improvement of learning and teaching in social and institutional context. Kirjassa S. M. Carver & D. Klahr (toim.), *Cognition and instruction: Twenty-five years of progress* (s. 455-478). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- Collins, A. (1992). Towards a design science education. Kirjassa E. Scanlon & T. O'Shea (toim.), *New directions in educational technology* (s. 15-22). Berliini: Springer.
- Collins, A. (1999). The changing infrastructure of education research. Kirjassa E. C. Lagemann, & L. S. Shulman (toim.), *Issues in education research: Problems and possibilities* (s. 289-298). San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Dede, C. (2004). If design-based research is the answer, what is the question? A commentary on Collins, Joseph, and Soloway in the JLS special issue on design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 105-114.
- Design Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- diSessa, A. A. & Cobb, P. (2004). Ontological innovation and the role of theory in design experiments. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 77-103.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Hall, G. & Hord, S. (1987). *Change in schools: Facilitating the process*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Hoadley, C. M. (2004). Methodological alignment in design-based research. *The Journal of the Learning Sciences*, 39(4), 203-212.
- Jakku-Sihvonen, R. & Niemi, H. (toim.) (2006). *Research-based Teacher Education in Finland -Reflections by Finnish Teacher Educators*. Finnish Educational Research Association, Research in Educational Sciences 25.
- Joseph, D. (2004). The Practice of design-based research: Uncovering the interplay between design, research, and the real-world context. *Educational Psychologist* 39(4), 235-242.
- Joutsenvirta, T. & Vehkalahti, K. (2005). Opiskelijoiden näkemyksiä sulautuvasta opetuksesta. *Piirtoheitin*, 3(2). <http://www.valt.helsinki.fi/piirtoheitin/sulautus2.htm>, luettu 12.9.2010.
- Juuti, K. (2005). *Towards primary school physics teaching and learning: Design research approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: One step towards methodology. *NorDiNa*, 4, 54-68.
- Kelly, A. E. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Kemian laitos. (2006). Tutkimuksen tavoiteohjelma 2007-2009. Kemian laitos, Helsingin yliopisto.

http://www.helsinki.fi/kemia/hallinto/strategiat/tutkimuksen_tavoiteohjelma_2007-2009.pdf, luettu 27.9.2010.

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage Publications Inc.

Novak, J. D. (1998). *Tiedon oppiminen, luominen ja käyttö: Käsitekartat työvälineinä oppilaitoksissa ja yrityksissä*. (Suom. M. Åhlberg). Jyväskylä: PS-kustannus.

O'Donnell, A. M. (2004). A commentary on design research. *Educational Psychologist* (39)4, 255-260.

Pernaa, J. (2010). Tieto- ja viestintätekniikkaan pohjautuvat oppimisympäristöt ja koulutus kemian oppimisen ja opetuksen tukena. Licensiaattitutkielma, Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian laitos, Helsingin yliopisto.
http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/Tutkimus/licensiaattityot/pernaa_licensiaattityo.pdf, luettu 16.9.2010.

Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.

Sandoval, W. A. & Bell, P. (2004). Design-based research methods for studying learning in context: Introduction. *The Journal of the Learning Sciences*, 39(4), 199-201.

Schank, P. & Kozma, R. (2002). Learning chemistry through the use of a representation-based knowledge building environment. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 21(3), 253-279.

Slotta, J. D. (2004). The web-based inquiry science environment (Wise): Scaffolding knowledge integration in the science classroom. Kirjassa M. C. Linn, E. A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education* (s. 203-231). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.

Vehkalahti, K. (2004). BSCW menetelmäkurssin oppimisympäristönä. *Piirtoheitin*, 1(1).
<http://www.valt.helsinki.fi/piirtoheitin/bscw1.htm>, luettu 17.9.2010.

Wang, F. & Hannafin, M. J. (2004). Using design-based research in design and research of technology-enhanced learning environments. Artikkelit esitetty konferenssissa Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Diego, CA.